

# Тренировочная работа №2

по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант № 1

Район \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Школа \_\_\_\_\_

Класс \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

## Инструкция

На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 заданий (C1–C6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа. Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время. За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

*Желаем успеха!*

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

### Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>		подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

### Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

### Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**Нормальные условия** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$

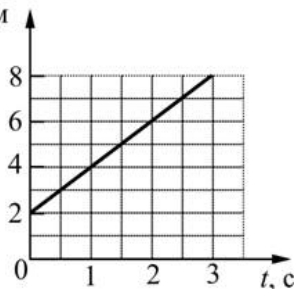
### Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1 На рисунке приведен график зависимости координаты  $x$  материальной точки от  $x$ , м времени  $t$ . Какая из зависимостей  $x(t)$  соответствует этому графику?



- 1)  $x(t) = 2t$     2)  $x(t) = 2 + 2t$     3)  $x(t) = 2 - 2t$     4)  $x(t) = -2 + 2t$

A2 Маленькая шайба соскальзывает без трения по желобу, изображенному на рисунке. В нижней точке A желоба ускорение шайбы направлено



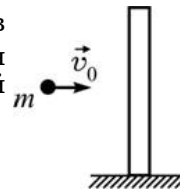
- 1) вниз (↓)    2) вверх (↑)    3) вправо (→)    4) влево (←)

A3 В таблице представлена зависимость удлинения  $\Delta x$  пружины от модуля  $F$  растягивающей ее силы. Направление силы совпадает с осью пружины. При каких удлинениях для этой пружины выполняется закон Гука?

$F$ , Н	0	10	20	30	40	50	60	70
$\Delta x$ , см	0	2	4	6	8	10,5	13,5	17

- 1) Как минимум, от 0 см до 8 см.  
 2) Как минимум, от 8 см до 17 см.  
 3) Как минимум, от 0 см до 17 см.  
 4) Ни при каких.

A4 Пуля массой  $m$ , летевшая со скоростью  $\vec{v}_0$ , попала в закрепленную доску и застряла в ней. Время взаимодействия пули и доски равно  $\tau$ . Модуль средней силы, действовавшей на доску со стороны пули, равен

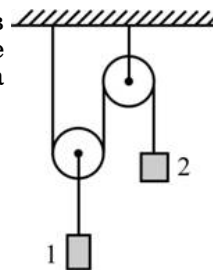


- 1)  $mv_0/\tau$     2)  $2mv_0/\tau$     3)  $mv_0\tau$     4)  $2mv_0\tau$

A5 Покоившееся тело массой 1 кг подняли на высоту 2 м над землей, совершив при этом работу 30 Дж. Какую кинетическую энергию приобрело в результате это тело?

- 1) 50 Дж    2) 10 Дж    3) 30 Дж    4) 20 Дж

A6 Изображенная на рисунке система находится в равновесии. Блоки и нить очень легкие, трение отсутствует. Масса груза 1 равна 20 кг. Чему равна масса груза 2?



- 1) 60 кг    2) 40 кг    3) 20 кг    4) 10 кг

A7 Тело массой 2 кг движется по окружности радиусом 2 м с постоянной по модулю скоростью 3 м/с. Равнодействующая сил, приложенных к телу, направлена к центру окружности. Чему равен модуль этой силы?

- 1) 4,5 Н    2) 3 Н    3) 9 Н    4) 36 Н

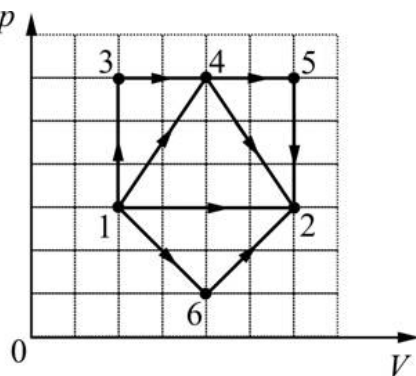
A8 Закрытый сосуд с идеальным газом падает с большой высоты в стоящий на земле ящик с песком. Температура окружающего воздуха всюду постоянна. После удара сосуд не деформировался и не разрушился. В результате

- 1) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли увеличивается, а внутренняя энергия газа остается без изменений.  
 2) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли уменьшается, а внутренняя энергия газа остается без изменений.  
 3) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли увеличивается, и внутренняя энергия газа также увеличивается.  
 4) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли уменьшается, а внутренняя энергия газа увеличивается.

**A9** Закон, согласно которому при постоянном объеме давление данной массы идеального газа изменяется прямо пропорционально его абсолютной температуре, называется законом

- 1) Бойля-Мариотта
- 2) Шарля
- 3) Гей-Люссака
- 4) Дальтона

**A10** Идеальный газ может быть переведен из состояния 1 в состояние 2 различными способами. При каком способе (из числа изображенных на  $pV$ -диаграмме) газ совершит максимальную работу?

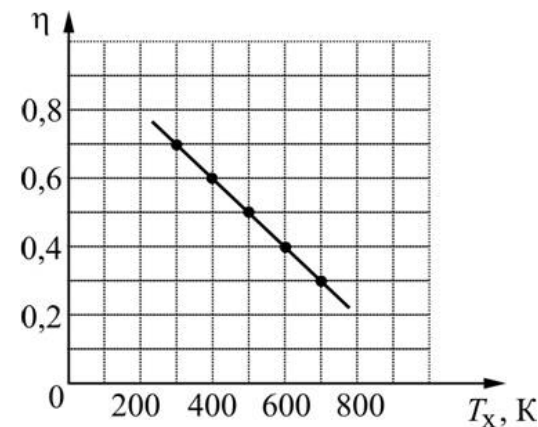


- 1) 1→2
- 2) 1→4→2
- 3) 1→3→4→5→2
- 4) 1→6→2

**A11** Построить тепловой двигатель с КПД, равным 100%, невозможно, так как это

- 1) запрещено первым законом термодинамики.
- 2) запрещено вторым законом термодинамики.
- 3) технически очень сложно.
- 4) требует очень больших затрат материальных ресурсов.

**A12** На графике приведена зависимость КПД  $\eta$  идеальной тепловой машины от температуры  $T_x$  ее холодильника. Чему равна температура нагревателя этой тепловой машины?



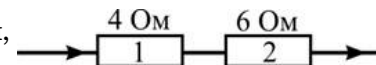
- 1) 500 К
- 2) 700 К
- 3) 1000 К
- 4) 1200 К

**A13** Потенциал поля точечного заряда  $q_1$  в точке  $A$  равен 9 В, а потенциал поля точечного заряда  $q_2$  в точке  $A$  равен -6 В. Каков будет в точке  $A$  потенциал поля, созданного зарядами  $q_1$  и  $q_2$  совместно?



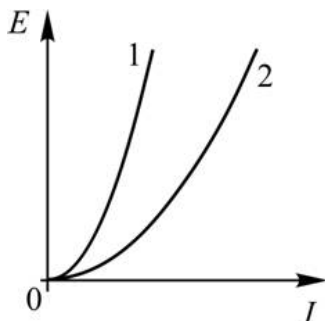
- 1) 15 В
- 2) -3 В
- 3) -15 В
- 4) 3 В

**A14** Через участок электрической цепи, схема которого показана на рисунке, течет постоянный ток. Как относятся друг к другу напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на резисторах 1 и 2?



- 1)  $U_1 : U_2 = 3 : 2$
- 2)  $U_1 : U_2 = 2 : 3$
- 3)  $U_1 : U_2 = 1 : 1$
- 4)  $U_1 : U_2 = 1 : 2$

**A15** На графике показаны зависимости энергии  $E$  магнитного поля от силы тока  $I$  для катушек 1 и 2. У какой из катушек больше индуктивность?



- 1) У катушки 1
- 2) У катушки 2
- 3) Индуктивности катушек одинаковы
- 4) Однозначно ответить нельзя

**A16** Какие из описанных ниже колебательных процессов можно отнести к электромагнитным колебаниям?

- 1) Колебания груза на пружине в магнитном поле, создаваемом электромагнитом.
- 2) Колебания математического маятника в магнитном поле Земли.
- 3) Колебания силы тока в контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности.
- 4) Все три описанных колебательных процесса.

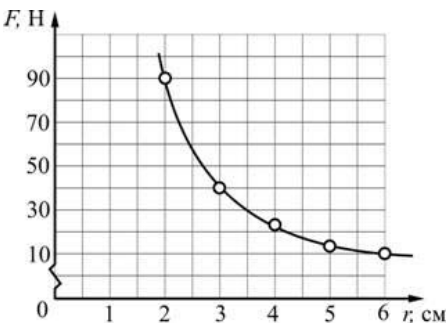
**A17** Луч света распространяется в воде и падает на границу раздела вода-воздух. Показатель преломления воды равен  $n$ . При каких углах падения  $\alpha$  будет наблюдаться полное внутреннее отражение света?

- 1)  $\alpha \geq \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{1}{n}$
- 2)  $\alpha > \arcsin \frac{1}{n}$
- 3)  $\alpha \geq \frac{\pi}{2} - \arcsin n$
- 4)  $\alpha > \arcsin n$

**A18** Оптик изготовил дифракционную решетку, у которой на каждый миллиметр длины приходилось 100 штрихов. Чему равен период этой решетки?

- 1) 100 мм
- 2) 0,1 мм
- 3) 0,01 мм
- 4)  $10^{-5}$  мм

**A19** На рисунке приведен график зависимости силы  $F$  отталкивания двух одинаковых точечных зарядов от расстояния  $r$  между ними. Чему равен модуль каждого заряда?

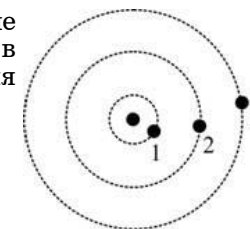


- 1) 0,2 мкКл
- 2) 0,2 нКл
- 3) 2 мкКл
- 4) 10 мкКл

**A20** Фотон может характеризоваться частотой  $\nu$  или длиной волны  $\lambda$ . Какая из нижеприведенных формул позволяет вычислить энергию  $E$  фотона? Скорость света равна  $c$ .

- 1)  $E = hc / \lambda$
- 2)  $E = hc / \nu$
- 3)  $E = h\lambda$
- 4)  $E = h\nu / \lambda$

**A21** На рисунке схематически показаны стационарные орбиты электрона, обращающегося вокруг ядра в атоме водорода. На какой из этих орбит энергия электрона больше?



- 1) На орбите 1
- 2) На орбите 2
- 3) На орбите 3
- 4) На всех трех орбитах энергия электрона одинаковая

**A22** Изотопами называются атомы, ядра которых имеют в своем составе...

- 1) одинаковое количество нуклонов.
- 2) одинаковое количество нейтронов, но разное число протонов.
- 3) одинаковое количество протонов, но разное число нейтронов.
- 4) одинаковые периоды полураспада.

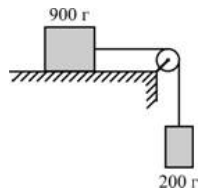
**A23**

При проведении радиоуглеродного анализа древнего образца древесины ученые установили, что концентрация атомов углерода  $^{14}_6\text{C}$  в нем в 3,45 раза меньше, чем в современных живых деревьях. Считая, что в современном живом дереве концентрация атомов углерода  $^{14}_6\text{C}$  такая же, какой она была в живых деревьях в древние времена, определите возраст образца. Период полураспада углерода  $^{14}_6\text{C}$  равен 5600 лет.

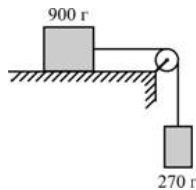
- 1)  $\approx 1600$  лет
- 2)  $\approx 19300$  лет
- 3)  $\approx 6900$  лет
- 4)  $\approx 10000$  лет

**A24**

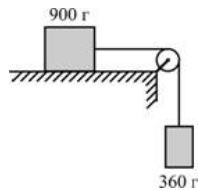
На шероховатом горизонтальном столе находится брусок массой 900 г. К бруску привязана нить, перекинутая через блок, который может вращаться практически без трения. К свисающему с блока концу нити последовательно прикрепляют грузы различной массы, как показано на рисунках. Какой вывод можно сделать на основании проведенных экспериментов о коэффициенте  $\mu$  трения скольжения между бруском и столом?



Брусок покоится



Брусок покоится



Брусок движется с ускорением

- 1)  $\mu = 0,3$
- 2)  $\mu = 0,4$
- 3)  $0,3 < \mu < 0,4$
- 4) Никаких выводов о величине  $\mu$  сделать невозможно.

**A25**

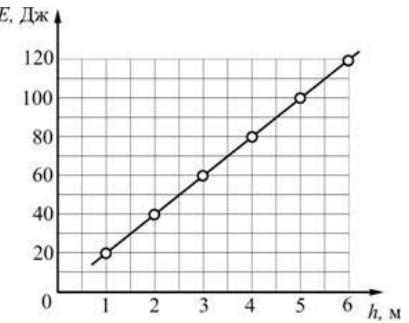
Груз поднимают над поверхностью земли. На графике приведена зависимость изменения потенциальной энергии  $\Delta E$  груза от высоты  $h$  его подъема.

Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) этой зависимости?

А. Масса груза равна 2 кг.

Б. Приращение потенциальной энергии груза при его подъеме над землей прямо пропорционально высоте подъема.

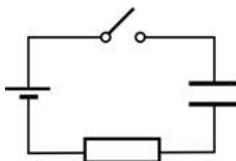
- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б



**Часть 2**

Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.

**В1** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор изначально не заряжен. Как изменяются после замыкания ключа следующие физические величины: энергия электрического поля конденсатора, сила тока в цепи, выделяемая в резисторе тепловая мощность?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:  
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- |  |                  |
|--|------------------|
| А) энергия электрического поля конденсатора    | 1) увеличивается |
| Б) сила тока в цепи                            | 2) уменьшается   |
| В) выделяющаяся на резисторе тепловая мощность | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В

**В2** В закрытом сосуде под поршнем находятся воздух и ненасыщенные пары воды. Медленно двигая поршень, объем сосуда увеличивают, сохраняя температуру постоянной. Как в результате изменятся следующие физические величины: концентрация паров воды в сосуде, относительная влажность воздуха, давление насыщенных паров воды?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**      **ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- |                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| А) концентрация паров воды в сосуде | 1) увеличится   |
| Б) относительная влажность воздуха  | 2) уменьшится   |
| В) давление насыщенных паров воды   | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В

**В3** Идеальный одноатомный газ в количестве  $\nu$  моль находится в закрытом сосуде объемом  $V$  при давлении  $p$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

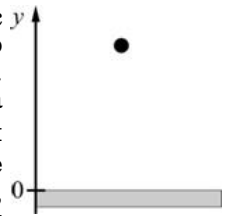
**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**      **ФОРМУЛЫ**

- |                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| А) температура газа        | 1) $pV$                 |
| Б) внутренняя энергия газа | 2) $\frac{3}{2}pV$      |
|                            | 3) $\frac{pV}{\nu R}$   |
|                            | 4) $\frac{3pV}{2\nu R}$ |

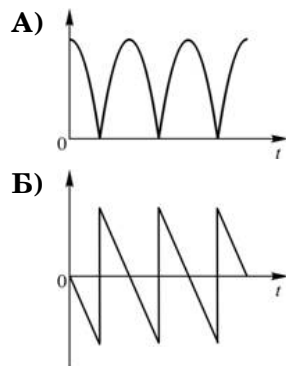
Ответ:

А	Б

**В4** Маленький шарик падает без начальной скорости с некоторой высоты на закрепленную горизонтально стальную плиту и начинает подпрыгивать на ней. Потерь механической энергии нет. Принимая за начало процесса ( $t = 0$ ) момент времени, в который шарик начинает падать, установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) проекция скорости шарика на вертикальную ось
- 2) проекция ускорения шарика на вертикальную ось
- 3) кинетическая энергия шарика
- 4) потенциальная энергия шарика

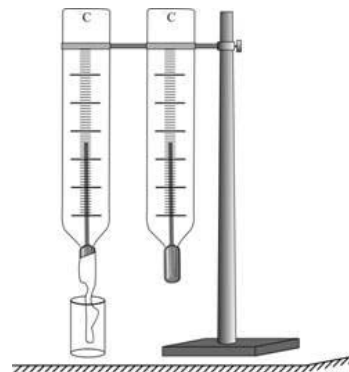
Ответ:

А	Б
□	□

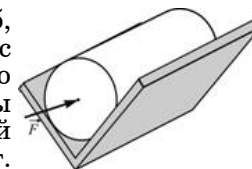
**Часть 3**

*Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво. Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

**С1** Два одинаковых спиртовых термометра, закрепленных в штативе, находятся в комнате. Нижняя часть одного из них обмотана марлевым жгутом, свободный конец которого помещен в пустой стаканчик. В стаканчик наливают воду комнатной температуры, смочив всю марлю. Опишите, как и почему после этого будут изменяться показания термометров.



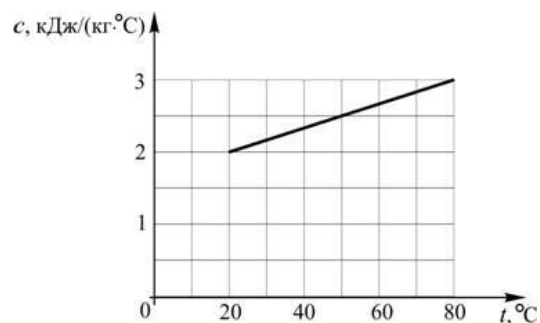
**С2** Из двух ровных досок сделан желоб, представляющий собой двугранный угол с раствором  $2\alpha = 90^\circ$ . Желоб закреплен так, что его ребро горизонтально, а доски симметричны относительно вертикали. В желобе на боковой поверхности лежит цилиндр массой  $m = 1$  кг. Коэффициент трения между досками и цилиндром равен  $\mu = 0,2$ . К торцу цилиндра приложена горизонтально направленная сила  $F = 3$  Н. Найдите модуль ускорения цилиндра.





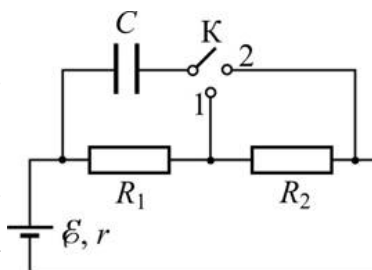
С3

На рисунке приведен график зависимости удельной теплоемкости  $c$  некоторого тела от его температуры  $t$ . Какое количество теплоты  $Q$  нужно сообщить этому телу для того, чтобы повысить его температуру от  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 80^\circ\text{C}$ ? Масса тела  $m = 1$  кг.



С4

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор  $C$  изначально не заряжен. Ключ  $K$  переводят в положение 1. Затем, спустя очень большое время, переключают его в положение 2, и снова ждут в течение достаточно большого промежутка времени. В результате перевода ключа в положение 2 энергия конденсатора увеличивается в  $n = 9$  раз. Найдите сопротивление резистора  $R_2$ , если  $R_1 = 10$  Ом.



С5

При помощи тонкой собирающей линзы на экране, перпендикулярном главной оптической оси линзы, получено четкое изображение точечного источника света. Не трогая источник и экран, линзу передвинули от источника в сторону экрана на расстояние  $x = 5$  см, в результате чего на экране вновь получилось четкое изображение источника. Чему равно фокусное расстояние линзы, если изначально источник находился на расстоянии  $a = 10$  см от нее? Линзу перемещают вдоль ее главной оптической оси.

С6

Узкий пучок света с длиной волны  $\lambda = 420$  нм падает на фотоприемник. Мощность светового потока этого пучка равна  $P = 3,3 \cdot 10^{-18}$  Вт. Найдите число  $n$  фотонов, падающих на фотоприемник за одну секунду.

# Тренировочная работа №2

по ФИЗИКЕ

11 класс

Вариант № 2

Район \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Школа \_\_\_\_\_

Класс \_\_\_\_\_

Фамилия \_\_\_\_\_

Имя \_\_\_\_\_

Отчество \_\_\_\_\_

## Инструкция

На выполнение экзаменационной работы по физике отводится 4 часа (240 минут). Работа состоит из 3 частей, включающих 35 заданий.

Часть 1 содержит 25 заданий (A1–A25). К каждому заданию дается 4 варианта ответа, из которых правильный только один.

Часть 2 содержит 4 задания (B1–B4), в которых ответ необходимо записать в виде набора цифр.

Часть 3 состоит из 6 заданий (C1–C6), на которые требуется дать развернутый ответ.

При вычислении разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Внимательно прочитайте каждое задание и предлагаемые варианты ответа, если они имеются. Отвечайте только после того, как вы поняли вопрос и проанализировали все варианты ответа. Выполняйте задания в том порядке, в котором они даны. Если какое-то задание вызывает у вас затруднение, пропустите его. К пропущенным заданиям можно будет вернуться, если у вас останется время. За выполнение различных по сложности заданий дается один или более баллов. Баллы, полученные вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

*Желаем успеха!*

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться вам при выполнении работы.

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	$10^9$	санти	с	$10^{-2}$
мега	М	$10^6$	милли	м	$10^{-3}$
кило	к	$10^3$	микро	мк	$10^{-6}$
гекто	г	$10^2$	нано	н	$10^{-9}$
деци	д	$10^{-1}$	пико	п	$10^{-12}$

### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

### Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273^\circ\text{С}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

### Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,007 \text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

<b>Плотность</b>		подсолнечного масла	$900 \text{ кг/м}^3$
воды	$1000 \text{ кг/м}^3$	алюминия	$2700 \text{ кг/м}^3$
древесины (сосна)	$400 \text{ кг/м}^3$	железа	$7800 \text{ кг/м}^3$
керосина	$800 \text{ кг/м}^3$	ртути	$13600 \text{ кг/м}^3$

### Удельная теплоемкость

воды	$4,2 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	алюминия	$900 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
льда	$2,1 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	меди	$380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
железа	$640 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$	чугуна	$500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$
свинца	$130 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$		

### Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4 \text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$

**Нормальные условия** давление  $10^5 \text{ Па}$ , температура  $0^\circ\text{С}$

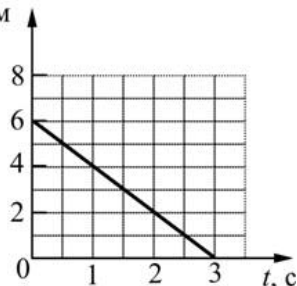
### Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	молибдена	$96 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$
гелия	$4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

**Часть 1**

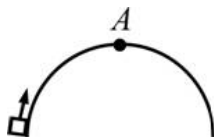
При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1–A25) поставьте знак «X» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

**A1** На рисунке приведен график зависимости координаты  $x$  материальной точки от времени  $t$ . Какая из зависимостей  $x(t)$  соответствует этому графику?



- 1)  $x(t) = 6 - 3t$     2)  $x(t) = 3 - 6t$     3)  $x(t) = 6 - 2t$     4)  $x(t) = 6 + 2t$

**A2** Маленькая шайба движется без трения по гладкой горке, изображенной на рисунке, не отрываясь от нее. В верхней точке А горки ускорение шайбы направлено



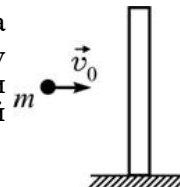
- 1) вниз (↓)    2) вверх (↑)    3) вправо (→)    4) влево (←)

**A3** В таблице представлена зависимость удлинения  $\Delta x$  пружины от модуля  $F$  растягивающей ее силы. Направление силы совпадает с осью пружины. При каких удлинениях для этой пружины выполняется закон Гука?

$F$ , Н	0	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta x$ , см	0	3	6	9	12	14,5	16,5	18

- 1) Как минимум, от 0 см до 12 см.  
 2) Как минимум, от 12 см до 18 см.  
 3) Как минимум, от 0 см до 18 см.  
 4) При любых.

**A4** Пуля массой  $m$ , летевшая со скоростью  $\vec{v}_0$ , пробила закрепленную доску и потеряла при этом половину своей начальной скорости. Время взаимодействия пули и доски равно  $\tau$ . Модуль средней силы, действовавшей на пулю со стороны доски, равен

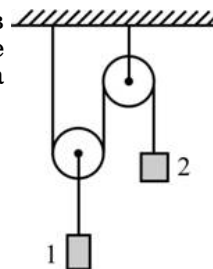


- 1)  $mv_0/\tau$     2)  $2mv_0/\tau$     3)  $\frac{mv_0}{2\tau}$     4)  $mv_0\tau/2$

**A5** Покоившееся тело массой 2 кг подняли при помощи троса на высоту 1,5 м над землей, и при этом тело приобрело кинетическую энергию 10 Дж. Какая работа была совершена силой натяжения троса при подъеме?

- 1) 30 Дж    2) 10 Дж    3) 40 Дж    4) 20 Дж

**A6** Изображенная на рисунке система находится в равновесии. Блоки и нить очень легкие, трение отсутствует. Масса груза 2 равна 4 кг. Чему равна масса груза 1?



- 1) 8 кг    2) 4 кг    3) 2 кг    4) 1 кг

**A7** Тело массой 3 кг движется по окружности с постоянной по модулю скоростью 4 м/с под действием направленной к центру окружности силы, модуль которой равен 48 Н. Чему равен радиус окружности?

- 1) 4 м    2) 25 м    3) 2 м    4) 1 м

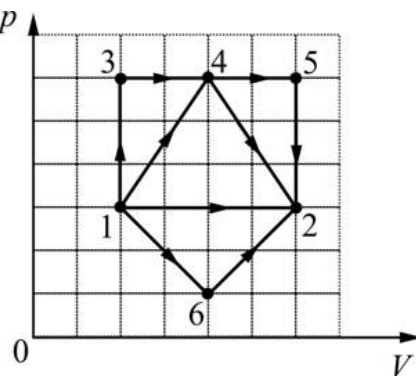
**A8** Закрытый сосуд с идеальным газом медленно поднимают на большую высоту над землей. Температура окружающего воздуха всюду постоянна. В результате

- 1) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли увеличивается, а внутренняя энергия газа остается без изменений.  
 2) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли уменьшается, а внутренняя энергия газа остается без изменений.  
 3) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли увеличивается, и внутренняя энергия газа также увеличивается.  
 4) потенциальная энергия газа относительно поверхности земли уменьшается, а внутренняя энергия газа увеличивается.

**A9** Закон, согласно которому при постоянном давлении объем данной массы идеального газа изменяется прямо пропорционально его абсолютной температуре, называется законом

- 1) Бойля-Мариотта
- 2) Шарля
- 3) Гей-Люссака
- 4) Дальтона

**A10** Идеальный газ может быть переведен из состояния 1 в состояние 2 различными способами. При каком способе (из числа изображенных на  $pV$ -диаграмме) газ совершит минимальную работу?



- 1) 1→2
- 2) 1→4→2
- 3) 1→3→4→5→2
- 4) 1→6→2

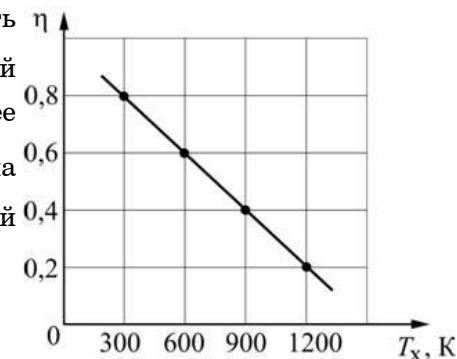
**A11** Какой из перечисленных ниже циклических процессов не может быть осуществлен вследствие второго закона термодинамики?

**А.** Вся полученная от окружающих тел теплота без остатка превращается в механическую работу.

**Б.** Вся совершенная механическая работа без остатка превращается в теплоту, передающуюся окружающим телам.

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) оба процесса могут быть осуществлены

**A12** На графике приведена зависимость КПД  $\eta$  идеальной тепловой машины от температуры  $T_x$  ее холодильника. Чему равна температура нагревателя этой тепловой машины?



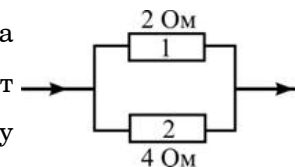
- 1) 900 К
- 2) 1200 К
- 3) 1500 К
- 4) 2000 К

**A13** Потенциал поля точечного заряда  $q_1$  в точке А равен  $-10$  В, а потенциал поля точечного заряда  $q_2$  в точке А равен  $4$  В. Каков будет в точке А потенциал поля, созданного зарядами  $q_1$  и  $q_2$  совместно?



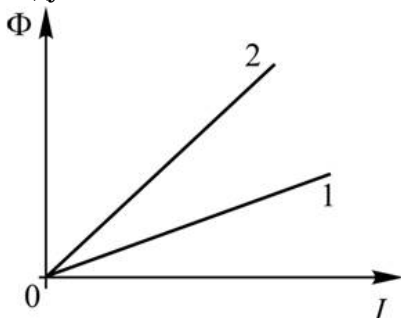
- 1)  $-6$  В
- 2)  $-14$  В
- 3)  $6$  В
- 4)  $14$  В

**A14** Через участок электрической цепи, схема которого показана на рисунке, течет постоянный ток. Как относятся друг к другу силы токов  $I_1$  и  $I_2$ , текущих через резисторы 1 и 2?



- 1)  $I_1 : I_2 = 1 : 1$
- 2)  $I_1 : I_2 = 2 : 3$
- 3)  $I_1 : I_2 = 1 : 2$
- 4)  $I_1 : I_2 = 2 : 1$

**A15** На графике показаны зависимости магнитного потока  $\Phi$ , пронизывающего катушку, от силы тока  $I$  для катушек 1 и 2. У какой из катушек больше индуктивность?



- 1) У катушки 1
- 2) У катушки 2
- 3) Индуктивности катушек одинаковы
- 4) Однозначно ответить нельзя

**A16** Какие из перечисленных колебательных процессов нельзя отнести к электромагнитным колебаниям?

- 1) Колебания заряда конденсатора в контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности.
- 2) Колебания силы тока в контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности.
- 3) Колебания груза на пружине в постоянном магнитном поле.
- 4) Ни один из описанных выше колебательных процессов.

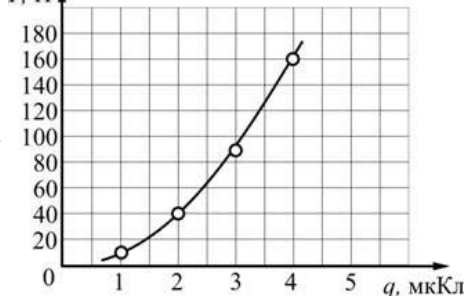
**A17** Луч света распространяется в воде и падает на границу раздела вода-воздух. Угол падения увеличивают. При угле падения  $\alpha$  начинает наблюдаться полное внутреннее отражение света. Чему равен показатель преломления  $n$  воды?

- 1)  $n = \frac{1}{\sin \alpha}$
- 2)  $n = \sin \alpha$
- 3)  $n = \frac{1}{\cos \alpha}$
- 4)  $n = \cos \alpha$

**A18** Оптик изготовил дифракционную решетку с периодом 1 мкм. Сколько штрихов приходится на каждый сантиметр длины этой решетки?

- 1)  $10^3$
- 2)  $10^4$
- 3)  $10^5$
- 4)  $10^{-3}$

**A19** На рисунке приведен график зависимости силы  $F$  притяжения двух одинаковых точечных неподвижных зарядов от модуля  $q$  каждого из зарядов. На каком расстоянии друг от друга находятся эти заряды?

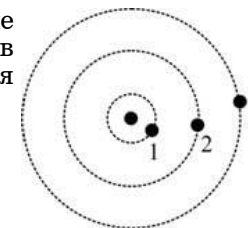


- 1) 3 см
- 2) 3 м
- 3) 0,9 мм
- 4) 9 см

**A20** Фотон может характеризоваться частотой  $\nu$  или длиной волны  $\lambda$ . Какая из нижеприведенных формул позволяет вычислить импульс  $p$  фотона? Скорость света равна  $c$ .

- 1)  $p = h\nu$
- 2)  $p = h/\nu$
- 3)  $p = h\lambda/c$
- 4)  $p = h/\lambda$

**A21** На рисунке схематически показаны стационарные орбиты электрона, обращающегося вокруг ядра в атоме водорода. На какой из этих орбит энергия электрона меньше?



- 1) На орбите 1
- 2) На орбите 2
- 3) На орбите 3
- 4) На всех трех орбитах энергия электрона одинаковая

**A22** Вещество А состоит из одинаковых изотопов некоторого химического элемента. Вещество В состоит из других одинаковых изотопов того же химического элемента. Вещества А и В...

- 1) имеют одинаковые физические свойства, но разные химические свойства.
- 2) имеют одинаковые химические свойства, но разные физические свойства.
- 3) имеют разные физические и химические свойства.
- 4) имеют одинаковые физические и химические свойства.

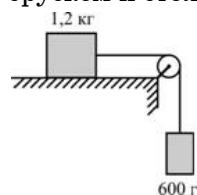
**A23**

При проведении радиоуглеродного анализа древнего образца древесины ученые установили, что концентрация атомов углерода  $^{14}_6\text{C}$  в нем составляет 83% по сравнению с современными живыми деревьями. Из исторических источников было известно, что возраст этого образца составляет примерно 1500 лет. Считая, что в современном живом дереве концентрация атомов углерода  $^{14}_6\text{C}$  такая же, какой она была в живых деревьях в древние времена, определите период полураспада углерода  $^{14}_6\text{C}$ .

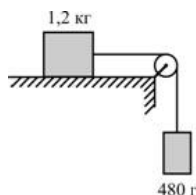
- 1)  $\approx 5600$  лет    2)  $\approx 8050$  лет    3)  $\approx 1250$  лет    4)  $\approx 1800$  лет

**A24**

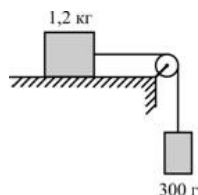
На шероховатом горизонтальном столе находится брусок массой 1,2 кг. К бруску привязана нить, перекинутая через блок, который может вращаться практически без трения. К свисающему с блока концу нити последовательно прикрепляют грузы различной массы, как показано на рисунках. Какой вывод можно сделать на основании проведенных экспериментов о коэффициенте  $\mu$  трения скольжения между бруском и столом?



Брусок движется с ускорением



Брусок покоится

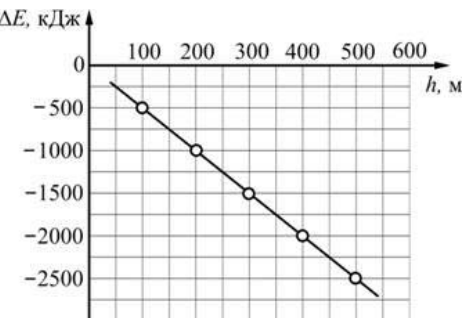


Брусок покоится

- 1)  $\mu = 0,5$   
 2)  $\mu = 0,4$   
 3)  $0,4 < \mu < 0,5$   
 4) Никаких выводов о величине  $\mu$  сделать невозможно.

**A25**

Клеть опускают в шахту вглубь  $\Delta E$ , кДж земли. На графике приведена зависимость изменения потенциальной энергии  $\Delta E$  клетки от глубины  $h$  ее опускания.



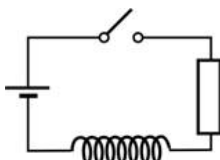
Какое(-ие) из утверждений соответствует(-ют) этой зависимости?  
**А.** Масса клетки равна 1000 кг.  
**Б.** Убыль потенциальной энергии клетки при ее опускании вглубь земли прямо пропорциональна глубине опускания.

- 1) только А  
 2) только Б  
 3) и А, и Б  
 4) ни А, ни Б

**Часть 2**

**Ответом к заданиям этой части (В1–В4) является последовательность цифр. Впишите ответы сначала в текст работы, а затем перенесите их в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки, без пробелов и каких-либо дополнительных символов. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами.**

**В1** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, замыкают ключ. Как изменяются после замыкания ключа следующие физические величины: сила тока в цепи, энергия магнитного поля катушки, модуль действующей в катушке ЭДС самоиндукции?



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:  
 Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- |   |                  |
|---|------------------|
| А) сила тока в цепи                         | 1) увеличивается |
| Б) энергия магнитного поля катушки          | 2) уменьшается   |
| В) выделяемая в резисторе тепловая мощность | 3) не изменяется |

Ответ:

А	Б	В
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**В2**

В закрытом сосуде под поршнем находятся воздух и ненасыщенные пары воды. Медленно двигая поршень, объем сосуда уменьшают, сохраняя температуру постоянной и не допуская начала процесса конденсации воды. Как в результате изменятся следующие физические величины: концентрация паров воды в сосуде, абсолютная влажность воздуха, давление насыщенных паров воды? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**ИХ ИЗМЕНЕНИЕ**

- |                                     |                 |
|-------------------------------------|-----------------|
| А) концентрация паров воды в сосуде | 1) увеличится   |
| Б) абсолютная влажность воздуха     | 2) уменьшится   |
| В) давление насыщенных паров воды   | 3) не изменится |

Ответ:

А	Б	В
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**В3**

Идеальный одноатомный газ в количестве  $\nu$  моль находится в закрытом сосуде объемом  $V$ . При нагревании давление газа возрастает на величину  $\Delta p$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

**ФОРМУЛЫ**

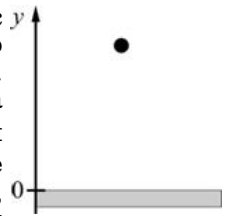
- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| А) изменение температуры газа          | 1) $\frac{3}{2}V\Delta p$      |
| Б) количество теплоты, сообщенное газу | 2) $V\Delta p$                 |
|  | 3) $\frac{3V\Delta p}{2\nu R}$ |
|  | 4) $\frac{V\Delta p}{\nu R}$   |

Ответ:

А	Б
<input type="text"/>	<input type="text"/>

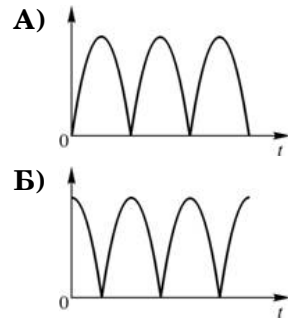


**В4** Маленький шарик падает без начальной скорости с некоторой высоты на закрепленную горизонтально стальную плиту и начинает подпрыгивать на ней. Потеря механической энергии нет. Принимая за начало процесса ( $t = 0$ ) момент времени, в который шарик начинает падать, установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**



- 1) координата шарика
- 2) проекция скорости шарика на вертикальную ось
- 3) проекция ускорения шарика на вертикальную ось
- 4) кинетическая энергия шарика

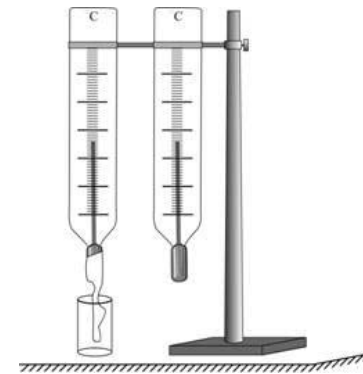
Ответ:

А	Б
□	□

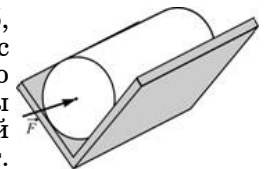
**Часть 3**

*Задания С1–С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво. Полное правильное решение каждой из задач С2–С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.*

**С1** Два одинаковых спиртовых термометра, закрепленных в штативе, находятся в комнате. Нижняя часть одного из них обмотана марлевым жгутом, свободный конец которого помещен в пустой стаканчик. В стаканчик наливают воду комнатной температуры, смочив всю марлю. Опишите, как и почему после этого будут изменяться показания термометров.

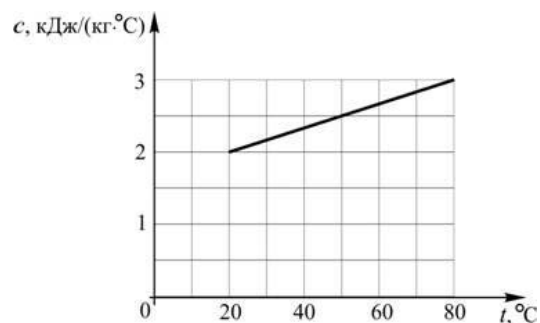


**С2** Из двух ровных досок сделан желоб, представляющий собой двугранный угол с раствором  $2\alpha = 90^\circ$ . Желоб закреплен так, что его ребро горизонтально, а доски симметричны относительно вертикали. В желобе на боковой поверхности лежит цилиндр массой  $m = 1$  кг. Коэффициент трения между досками и цилиндром равен  $\mu = 0,2$ . К торцу цилиндра приложена горизонтально направленная сила  $F = 3$  Н. Найдите модуль ускорения цилиндра.



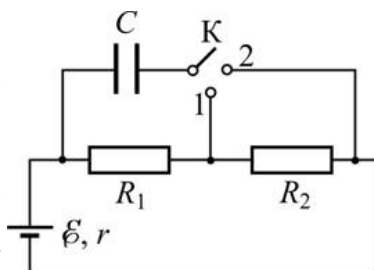
С3

На рисунке приведен график зависимости удельной теплоемкости  $c$  некоторого тела от его температуры  $t$ . Какое количество теплоты  $Q$  нужно сообщить этому телу для того, чтобы повысить его температуру от  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 80^\circ\text{C}$ ? Масса тела  $m = 1$  кг.



С4

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор  $C$  изначально не заряжен. Ключ  $K$  переводят в положение 1. Затем, спустя очень большое время, переключают его в положение 2, и снова ждут в течение достаточно большого промежутка времени. В результате перевода ключа в положение 2 энергия конденсатора увеличивается в  $n = 9$  раз. Найдите сопротивление резистора  $R_2$ , если  $R_1 = 10$  Ом.



С5

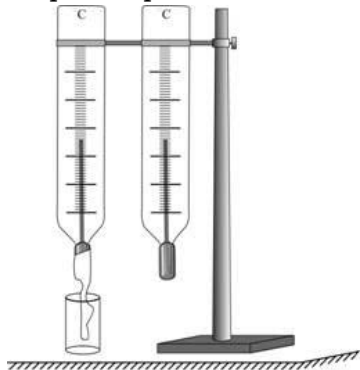
При помощи тонкой собирающей линзы на экране, перпендикулярном главной оптической оси линзы, получено четкое изображение точечного источника света. Не трогая источник и экран, линзу передвинули от источника в сторону экрана на расстояние  $x = 5$  см, в результате чего на экране вновь получилось четкое изображение источника. Чему равно фокусное расстояние линзы, если изначально источник находился на расстоянии  $a = 10$  см от нее? Линзу перемещают вдоль ее главной оптической оси.

С6

Узкий пучок света с длиной волны  $\lambda = 420$  нм падает на фотоприемник. Мощность светового потока этого пучка равна  $P = 3,3 \cdot 10^{-18}$  Вт. Найдите число  $n$  фотонов, падающих на фотоприемник за одну секунду.

### Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

**C1** Два одинаковых спиртовых термометра, закрепленных в штативе, находятся в комнате. Нижняя часть одного из них обмотана марлевым жгутом, свободный конец которого помещен в пустой стаканчик. В стаканчик наливают воду комнатной температуры, смочив всю марлю. Опишите, как и почему после этого будут изменяться показания термометров.



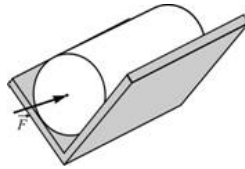
#### Образец возможного решения

1) Налитая в стаканчик вода начнет испаряться, причем испарение будет происходить как с поверхности воды в стаканчике, так и со всей поверхности влажной марли. Внутренняя энергия воды, стаканчика, марли и обмотанного ею термометра будет уменьшаться вследствие испарения. Из-за этого термометр (он называется "влажным") будет охлаждаться, и его температура станет меньше, чем у окружающего воздуха. В результате показания "влажного" термометра начнут уменьшаться, т.е. он будет показывать всё более низкую температуру. Показания другого термометра (он называется "сухим") изменяться не будут.

2) Наряду с процессом испарения воды происходит и обратный процесс – конденсация пара. При конденсации пара внутренняя энергия воды, стаканчика, марли и обмотанного ею термометра увеличивается. Поэтому показания "влажного" термометра перестанут уменьшаться и установятся тогда, когда количество теплоты, теряемое им из-за испарения воды, сравняется с количеством теплоты, получаемым термометром при конденсации пара. Установившиеся показания "влажного" термометра будут однозначно определяться влажностью воздуха в комнате и температурой воздуха в комнате (то есть показаниями "сухого" термометра).

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>испарение воды, охлаждение термометра в результате отъема от него теплоты вследствие испарения, связь между установившимися показаниями «влажного» термометра и влажностью воздуха</i> ).	3
Приведено решение и дан верный ответ, но имеется один из следующих недостатков: – в объяснении содержатся лишь общие рассуждения без привязки к конкретной ситуации задачи, хотя указаны все необходимые физические явления и законы; ИЛИ – рассуждения, приводящие к ответу, представлены не в полном объеме или в них содержатся логические недочеты; ИЛИ – указаны не все физические явления и законы, необходимые для полного правильного решения.	2
Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев: – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но дан неверный или неполный ответ; ИЛИ – приведены рассуждения с указанием на физические явления и законы, но ответ не дан; ИЛИ – представлен только правильный ответ без обоснований.	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.	0

**С2** Из двух ровных досок сделан желоб, представляющий собой двугранный угол с раствором  $2\alpha = 90^\circ$ . Желоб закреплен так, что его ребро горизонтально, а доски симметричны относительно вертикали. В желобе на боковой поверхности лежит цилиндр массой  $m = 1$  кг. Коэффициент трения между досками и цилиндром равен  $\mu = 0,2$ . К торцу цилиндра приложена горизонтально направленная сила  $F = 3$  Н. Найдите модуль ускорения цилиндра.



### Образец возможного решения

Изобразим вид на желоб со стороны торца цилиндра. На цилиндр в плоскости чертежа действуют направленная вниз сила тяжести  $m\vec{g}$  и две равные по модулю силы реакции  $\vec{N}$  досок, направленные перпендикулярно стенкам желоба. Так как цилиндр не движется в вертикальном направлении, то, в соответствии со вторым законом Ньютона, сумма проекций этих трех сил на вертикаль равна нулю:

$$mg = 2N \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = 2N \sin \alpha, \text{ где } \alpha = 45^\circ.$$

$$\text{Отсюда } N = \frac{mg}{2 \sin \alpha}.$$

В горизонтальном направлении (вдоль желоба) на цилиндр действуют сила  $\vec{F}$ , а также, в противоположном направлении, две силы сухого трения  $\vec{F}_{\text{тр}}$ .

Предположим, что цилиндр будет двигаться по желобу. Тогда по закону Амонтона-Кулона для силы сухого трения скольжения можно записать:

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \frac{\mu mg}{2 \sin \alpha}.$$

Записывая второй закон Ньютона в проекции на горизонтальную ось, направленную вдоль ребра желоба, получим:

$$ma = F - 2F_{\text{тр}} = F - \frac{\mu mg}{\sin \alpha},$$

где  $a$  – модуль искомого ускорения цилиндра. Заметим, что  $F > \frac{\mu mg}{\sin \alpha}$ .

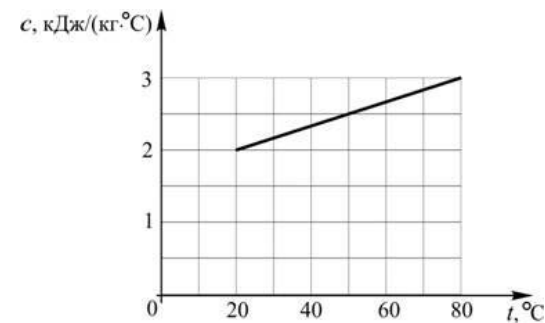
Это означает, что приложенная к торцу цилиндра сила превышает силу трения покоя, то есть цилиндр и в самом деле будет скользить вдоль желоба. Следовательно,  $a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha}$ . Подставляя числовые данные и проверяя размерность, окончательно получим:

$$a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha} = (3 - 2\sqrt{2}) \text{ м/с}^2 \approx 0,2 \text{ м/с}^2.$$

**Ответ:**  $a = \frac{F}{m} - \frac{\mu g}{\sin \alpha} \approx 0,2 \text{ м/с}^2$ .

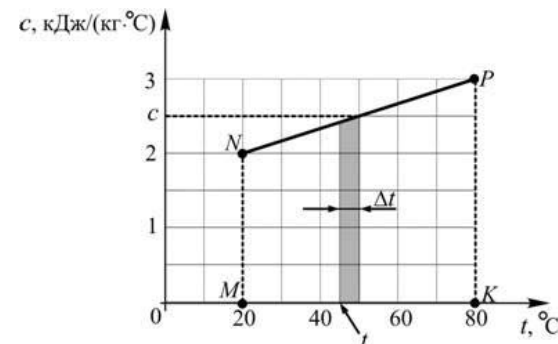
Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно сделан чертеж и записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>правильно указаны направления сил тяжести и реакции досок, записан второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную и горизонтальную оси, применен закон Амонтона-Кулона для определения модуля силы трения скольжения</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**С3** На рисунке приведен график зависимости удельной теплоемкости  $c$  некоторого тела от его температуры  $t$ . Какое количество теплоты  $Q$  нужно сообщить этому телу для того, чтобы повысить его температуру от  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 80^\circ\text{C}$ ? Масса тела  $m = 1$  кг.



**Образец возможного решения**

**Способ 1.** Пусть тело имеет некоторую температуру  $t$  и при нагревании его температура возрастает на малую величину  $\Delta t$ . При этом, в соответствии с уравнением теплового баланса, телу сообщается количество теплоты  $\Delta Q = cm\Delta t$ , где  $c$  – удельная теплоемкость тела при температуре  $t$ .



На графике зависимости удельной теплоемкости тела от температуры величине  $\Delta Q$  соответствует площадь прямоугольника с высотой  $c$  (так как  $m = 1$  кг) и с основанием  $\Delta t$ . Поэтому полному количеству теплоты  $Q$ , необходимому для нагревания тела от температуры  $t_1$  до температуры  $t_2$ , будет соответствовать площадь трапеции  $MNPK$ .

Обозначим удельную теплоемкость при температуре  $t_1$  через  $c_1$ , а удельную теплоемкость при температуре  $t_2$  через  $c_2$ . Тогда искомое количество теплоты

$$Q = \frac{1}{2}(c_1 + c_2)m(t_2 - t_1) =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \left( 2000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} + 3000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \right) \cdot 1 \text{ кг} \cdot (80^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C}) = 150 \text{ кДж}.$$

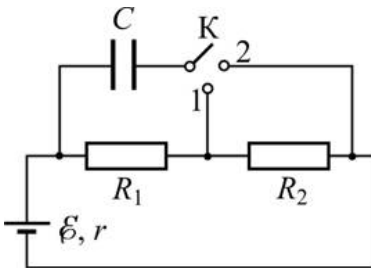
**Способ 2.** Так как удельная теплоемкость линейно возрастает с ростом температуры, то количество теплоты, которое нужно затратить на нагревание тела от температуры  $t_1$  до температуры  $t_2$ , может быть найдено по формуле  $Q = c_{\text{ср}}m(t_2 - t_1)$ , где  $c_{\text{ср}} = \frac{1}{2}(c_1 + c_2)$  – средняя удельная теплоемкость, которую имеет тело в интервале температур от  $t_1$  до  $t_2$ . Отсюда сразу получаем тот же результат:  $Q = \frac{1}{2}(c_1 + c_2)m(t_2 - t_1) = 150 \text{ кДж}$ .

**Ответ:**  $Q = \frac{1}{2}(c_1 + c_2)m(t_2 - t_1) = 150 \text{ кДж}$ .

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – уравнение теплового баланса, формула для определения количества теплоты как величины, численно равной площади под графиком зависимости удельной теплоемкости от температуры; либо вычисление количества теплоты через среднюю теплоемкость);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**С4**

В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор  $C$  изначально не заряжен. Ключ  $K$  переводят в положение 1. Затем, спустя очень большое время, переключают его в положение 2, и снова ждут в течение достаточно большого промежутка времени. В результате перевода ключа в положение 2 энергия конденсатора увеличивается в  $n = 9$  раз. Найдите сопротивление резистора  $R_2$ , если  $R_1 = 10$  Ом.



**Образец возможного решения**

Обозначим напряжение на конденсаторе после перевода ключа в положение 1 через  $U_1$ , а после перевода ключа в положение 2 – через  $U_2$ . Поскольку энергия  $\mathcal{E}$  конденсатора, заряженного до напряжения  $U$ , равна  $\mathcal{E} = CU^2 / 2$ , то отношение энергии конденсатора при положении ключа 2 к энергии конденсатора при положении ключа 1 равно

$$n = \frac{E_2}{E_1} = \frac{CU_2^2 / 2}{CU_1^2 / 2} = \frac{U_2^2}{U_1^2}.$$

Пусть сила тока, текущего через резисторы, равна  $I$ . При этом напряжения  $U_1$  и  $U_2$  на конденсаторе равны напряжениям на соответствующих участках цепи, имеющих сопротивления  $R_1$  и  $R_1 + R_2$ . На основании закона Ома для участка цепи, получаем:

$$U_1 = IR_1 \text{ и } U_2 = I(R_1 + R_2).$$

Следовательно,  $n = \frac{U_2^2}{U_1^2} = \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1}\right)^2 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)^2.$

Отсюда  $R_2 = R_1(\sqrt{n} - 1) = 20$  Ом.

**Ответ:**  $R_2 = R_1(\sqrt{n} - 1) = 20$  Ом.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:                      1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – формула для расчета энергии заряженного конденсатора, формула для вычисления сопротивления при последовательном соединении резисторов, закон Ома для участка цепи);                      2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:                      – в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;                      ИЛИ                      – необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;                      ИЛИ                      – не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;                      ИЛИ                      – решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:                      – представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;                      ИЛИ                      – в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;                      ИЛИ                      – в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**С5** При помощи тонкой собирающей линзы на экране, перпендикулярном главной оптической оси линзы, получено четкое изображение точечного источника света. Не трогая источник и экран, линзу передвинули от источника в сторону экрана на расстояние  $x = 5$  см, в результате чего на экране вновь получилось четкое изображение источника. Чему равно фокусное расстояние линзы, если изначально источник находился на расстоянии  $a = 10$  см от нее? Линзу перемещают вдоль ее главной оптической оси.

### Образец возможного решения

Пусть в начальном положении экран находился на расстоянии  $b$  от линзы. Применим формулу тонкой линзы для начального и для конечного положения источника света:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}, \quad \frac{1}{a+x} + \frac{1}{b-x} = \frac{1}{F}.$$

Из этих формул следует уравнение:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{a+x} + \frac{1}{b-x}$ .

Решая его, получаем:  $x = b - a$ .

Тогда для отыскания фокусного расстояния линзы получаем уравнение:  $\frac{1}{a} + \frac{1}{a+x} = \frac{1}{F}$ , откуда  $F = \frac{a(a+x)}{2a+x}$ .

Подставляя числовые значения и проверяя размерность, находим:  $F = 6$  см.

**Ответ:**  $F = \frac{a(a+x)}{2a+x} = 6$  см.

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – формула тонкой линзы для двух положений линзы);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0



**С6** Узкий пучок света с длиной волны  $\lambda = 420$  нм падает на фотоприемник. Мощность светового потока этого пучка равна  $P = 3,3 \cdot 10^{-18}$  Вт. Найдите число  $n$  фотонов, падающих на фотоприемник за одну секунду.

### Образец возможного решения

Пусть за время  $t = 1$  с на фотоприемник падают  $k$  фотонов. Тогда энергия, переносимая световым пучком, равна  $E = k \cdot h\nu$ , где  $\nu$  – частота световой волны,  $h\nu$  – энергия одного фотона. Мощность светового потока пучка света равна энергии, переносимой им в единицу времени, то есть  $P = \frac{E}{t} = \frac{kh\nu}{t}$ .

Величина  $n = \frac{k}{t}$  представляет собой искомое число фотонов, падающих на фотоприемник за одну секунду. Таким образом  $P = nh\nu$ .

Учитывая, что частота световой волны связана с ее длиной формулой  $\nu = \frac{c}{\lambda}$ ,

получим  $P = nh \cdot \frac{c}{\lambda}$ , откуда  $n = \frac{P\lambda}{hc}$ .

Подставляя числовые значения и проверяя размерность, получим:

$$n = \frac{P\lambda}{hc} = \frac{(3,3 \cdot 10^{-18} \text{ Вт}) \cdot (420 \cdot 10^{-9} \text{ м})}{(6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}) \cdot (3 \cdot 10^8 \text{ м/с})} = 7.$$

**Ответ:**  $n = \frac{P\lambda}{hc} = 7$ .

Критерии оценки выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>1) правильно записаны формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном решении – <i>выражение для энергии фотона, связь переносимой световым пучком энергии с мощностью светового потока, связь частоты световой волны с ее длиной</i>);</p> <p>2) проведены необходимые математические преобразования и расчеты, приводящие к правильному числовому ответу, и представлен ответ; при этом допускается решение «по частям» (с промежуточными вычислениями).</p>	3
<p>Представленное решение содержит п.1 полного решения, но и имеет один из следующих недостатков:</p> <p>– в необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущена ошибка;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– необходимые математические преобразования и вычисления логически верны, не содержат ошибок, но не закончены;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– не представлены преобразования, приводящие к ответу, но записан правильный числовой ответ или ответ в общем виде;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– решение содержит ошибку в необходимых математических преобразованиях и не доведено до числового ответа.</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев:</p> <p>– представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи, и ответа;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи;</p> <p>ИЛИ</p> <p>– в ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения задачи (или утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла.</p>	0

**Ответы к заданиям с выбором ответа**

№ задания	Ответ
A1	2
A2	2
A3	1
A4	1
A5	2
A6	4
A7	3
A8	4
A9	2
A10	3
A11	2
A12	3
A13	4

№ задания	Ответ
A14	2
A15	1
A16	3
A17	2
A18	3
A19	3
A20	1
A21	3
A22	3
A23	4
A24	3
A25	3

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

№ задания	Ответ
B1	122
B2	223

№ задания	Ответ
B3	32
B4	41

**Ответы к заданиям с выбором ответа**

№ задания	Ответ
A1	3
A2	1
A3	1
A4	3
A5	3
A6	1
A7	4
A8	1
A9	3
A10	4
A11	1
A12	3
A13	1

№ задания	Ответ
A14	4
A15	2
A16	3
A17	1
A18	2
A19	1
A20	4
A21	1
A22	2
A23	1
A24	3
A25	2

**Ответы к заданиям с кратким ответом**

№ задания	Ответ
B1	111
B2	113

№ задания	Ответ
B3	41
B4	41